

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

ГУМА ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

для студентів спеціальності

161 «Хімічні технології та інженерія»

Затверджено на засіданні кафедри
хімічної технології переробки
полімерних та композиційних
матеріалів

Протокол № 9 від 15.02.2017

Київ - 2017

Гума та її властивості: Метод. вказівки до викон. лаборат. робіт для студ. спец. 161 «Хімічні технології та інженерія» / Укл. : Л.І. Мельник, О.В. Миронюк – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017. – 51 с.

Гриф «Рекомендовано вченою радою хіміко-технологічного факультету»

(Протокол № ____ від _____ 2017 р.)

Навчальне видання

ГУМА ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»

Укладачі:

Л.І. Мельник, канд. тех. наук

О.В. Миронюк, канд. тех. наук

Відповідальний редактор В.А. Свідерський, д-р. тех. наук, проф.

Рецензент

М. П. Швед, к-т техн. наук, доц.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
<i>Лабораторна робота 1</i>	5
Виготовлення гумової суміші.....	
<i>Лабораторна робота 2</i>	15
Визначення в'язкості гумової суміші і здатності до передчасної вулканізації.....	
<i>Лабораторна робота 3</i>	20
Визначення еластичності по відскоку.....	
<i>Лабораторна робота 4</i>	23
Визначення міцнісних властивостей гум при розтягуванні та опір роздиру.....	
<i>Лабораторна робота 5</i>	31
Визначення пластичності каучуку і гумових сумішей на пластометрі.....	
<i>Лабораторна робота 6</i>	36
Визначення твердості гум по Шору.....	
<i>Лабораторна робота 7</i>	39
Визначення твердості еластомерів на твердомірі ТШР.....	
<i>Лабораторна робота 8</i>	43
Визначення твердості еластомерів на прикладі ISO.....	
<i>Лабораторна робота 9</i>	46
Визначення морозостійкості гум за еластичного відновлення після стиску.....	
Список використаної та рекомендованої літератури.....	51

ВСТУП

Курс «Гума та її властивості» є базовою складовою при підготовці бакалаврів напряму «хімічна технологія» оскільки містить знання про профільні для спеціальності матеріали, алгоритми складання композицій та методи визначення їх основних технічних властивостей. Курс базується на вивчених раніше фундаментальних дисциплінах, а саме курсах «Органічна хімія», «Фізична хімія» та фахових дисциплінах «Функціональні полімерні матеріали» та «Полімерізаційні (поліконденсаційні) матеріали».

Лабораторні роботи є невід'ємною складовою частиною навчальної дисципліни. Базові знання про сучасні хімічні технології гумових виробів, класифікації та критеріїв вибору каучукової основи для гум, а також вміння складати рецептури полімерних композицій на основі еластомерів та визначення їх фізико-механічних та технічних характеристик дають можливість оволодіти даним предметом в повному обсязі.

Фізико-механічні властивості каучуків та еластомерів визначають їх технічну цінність. Каучуки характеризуються такими ознаками, як пластичність, жорсткість і відновлюваність. Для гум найважливішими ознаками є міцність під час розтягу, відносне видовження, умовна, відносна, залишкова деформація після розривання, а також твердість, еластичність, морозостійкість, саме визначенню цих характеристик присвячений даний лабораторний практикум.

Виконання кожної роботи, з одного боку, сприятиме глибокому засвоєнню знань теоретичної частини навчального курсу з дисципліни «Гума та її властивості», а з іншого – спрямоване на можливість подальшої деталізації в наступних курсах єдиного циклу підготовки фахівців.

Авторами свідомо обрана така побудова лабораторних робіт, при якій кожна конкретна лабораторна робота не прив'язується до однієї певної лекції з теоретичної частини курсу, а потребує комплексного

засвоєння та досить вільної творчої комбінації знань з основ складання рецептур гумових сумішей, технології їх виготовлення, ознайомлення з технологічним обладнанням та режимами його роботи, а також визначення впливу окремих інгредієнтів та режимів виготовлення гумової суміші на кінцеві властивості виробів з них.

Таким чином даний курс лабораторних робіт спрямований на виконання двох взаємопов'язаних задач: тактичної, а саме – закріплення знань з теоретичного курсу «Гума та її властивості»», та стратегічної – оволодіння професійним мисленням в системі координат «структура – властивості», необхідним будь-якому сучасному хіміку-технологу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

«ВИГОТОВЛЕННЯ ГУМОВОЇ СУМІШІ»

Мета та завдання роботи

Мета роботи - отримання практичних навичок щодо складання рецептур гумових сумішей, вивчення технології змішування на вальцях, а також ознайомлення з сучасним промисловим змішувальним обладнанням.

Основне завдання – вивчити інгредієнти гумових сумішей, специфіку їх дії на технологічні і міцності властивості гумових сумішей і вулканізаторів та ознайомитися з технологією процесу змішування на вальцях та у гумозмішувачі.

Обладнання і матеріали: вальці лабораторні Лб 160/160, ваги технічні, секундомір, термошкаф, мірний посуд.

Теоретичні відомості

Гумова суміш являє собою складну композицію, що складається з полімерного зв'язуючого - каучуку і різних інгредієнтів (добавок), призначених для поліпшення фізико-механічних, експлуатаційних та інших властивостей матеріалу. Основні інгредієнти гумових сумішей - наповнювачі, пластифікатори (пом'якшувачі), вулканізуючі агенти, прискорювачі і активатори вулканізації, стабілізатори, протистомлювачі, барвники та ін.

В основі отримання гумової суміші лежить процес змішування. Всі інгредієнти, призначені для змішування, повинні бути відповідним чином підготовлені: подрібнені, висушені, нагріті і т.д.

Метою процесу змішування є рівномірний розподіл інгредієнтів в середовищі полімеру. Каучуки до утворення між їх молекулами поперечних зв'язків в певних умовах перебувають у в'язкотекучому стані і володіють пластичними властивостями, тобто здатністю до механічно незворотних деформацій. Інгредієнти в масі каучуку розподіляються під дією деформацій зсуву, що виникають при обробці каучуку та інгредієнтів у спеціальних машинах. При змішуванні каучуків з інгредієнтами відбувається не тільки перемішування компонентів, але і ряд складних фізико-хімічних і хімічних явищ: структурні перетворення полімерів під дією механічної напруги; взаємодія між компонентами гумової суміші і ін. Характер цих явищ визначається умовами переробки, тому гумові суміші однакового складу можуть мати різні властивості. Тому режими приготування гумових сумішей строго регламентуються за різними параметрами. Основним обладнанням для виготовлення гумових сумішей є гумозмішувачі і вальці.

Призначення і принцип дії гумозмішувача

Закритий гумозмішувач (рис. 1) широко використовується для виготовлення гумових сумішей. Робоча камера змішувача складається з двох неповних циліндрів і двох бічних стінок, в яких встановлені чотири опорних підшипника для двох роторів, вісі яких строго паралельні. На циліндричній поверхні роторів розташовані дві гвинтоподібні лопаті, одна під кутом 30° , а інша - під кутом 45° до твірної циліндра. Гвинтові лінії розташовані так, що осьові сили, що виникають при обертанні роторів, спрямовані до середини камери. Діаметри роторів по гребенях менше діаметра циліндричної камери, завдяки чому між гребенями і стінкою камери є проміжок, в якому також відбувається перемішування оброблюваного матеріалу. Матеріали в камеру змішувача завантажують через завантажувальний бункер 4, розташований вгорі, а вивантажують - через нижній отвір.

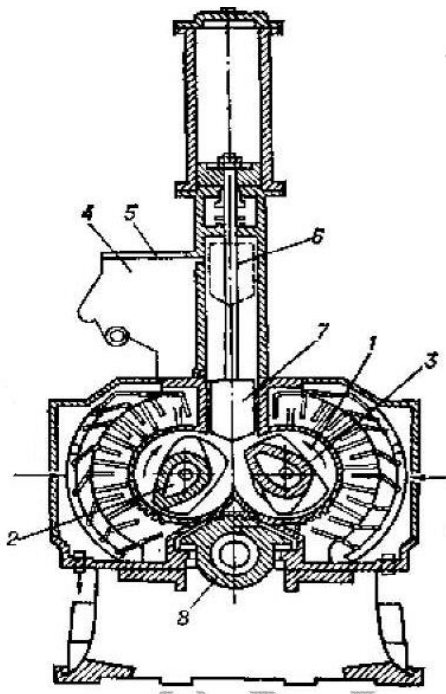


Рис. 1.1. Гумозмішувач з овальними роторами

1 - змішувальна камера, 2 - передній ротор, 3 - задній ротор, 4 - завантажувальна бункер; 5 - заслінка, 6 - шток поршневого затвору, 7 - рухомий поршневий затвор завантажувального вікна змішувальної камери, 8 - клиновий затвор розвантажувального вікна змішувальної камери.

Під час змішування верхній отвір камери закрито верхнім затвором 5, а нижній отвір - нижнім затвором 8 (ковзаюча дверцята або шарнірний

запор). При завантаженні матеріалів в гумозмішувач закритий тільки нижній отвір. Матеріал деформується всередині робочої камери двома роторами 2 і 3, які обертаються назустріч один одному. Ротори обертаються з фрикцією. Гумозмішувач оснащений приладами для вимірювання споживаної потужності, температури - і визначення тривалості процесу змішування.

Гумову суміш готують по обраному режиму. За початок відліку приймають час початку завантаження каучуку. Після вивантаження суміш надходить на вальці для охолодження і листування. Гумову суміш зрізають з вальців у вигляді листів товщиною не більше (10 ÷ 12) мм. На кожному листі позначають номер групи, дату виготовлення, шифр суміші.

Призначення і принцип дії вальців змішувальних

Принципова схема змішувальних лабораторних вальців показана на рис 2. Основними робочими органами вальців є два порожнисті валки 1, 2, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями. Крутний момент до них підводиться від електродвигуна 7 через редуктор 6, приводні 5 і фрикційні шестерні 12. Для запобігання потрапляння суміші, що переробляється в підшипники 4 і 8 передбачені обмежувальні стріли 3. Міжвалковий проміжок регулюється за допомогою механізмів 9, упірні гвинти яких впливають на рухливі підшипники 8 переднього валка 1. З метою аварійної зупинки вальців передбачений гальмо 10. Аварійний вимикач являє собою потужний електромагніт, який діє на гальмо колодкового типу. З допомогою аварійного вимикача можна зупинити вальці з будь-якого становища.

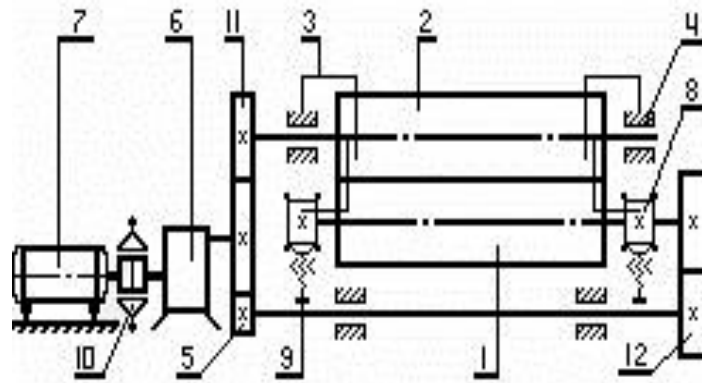


Рис. 1.2. Принципова схема вальців

1 – передній валок, 2 – задній валок, 3 - обмежувальні стріли, 4 – підшипники, 5 – привід електродвигуна переднього валка, 6 – редуктор, 7 – електродвигун, 8 – обмежувальна стріла, 9 – механізм регулювання проміжку між валками, 10 – гальмо, 11 – привід електродвигуна заднього валка 12 – фрикційні шестерні.

Для виготовлення гумової суміші на лабораторних вальцях необхідно знати регламент змішування, який пропонується технологічною картою. У ній вказується:

- 1) час введення кожної групи інгредієнтів, загальна тривалість циклу;
- 2) порядок і доцільні прийоми введення інгредієнтів;
- 3) температура валків;
- 4) мінімальний проміжок між валками, що визначає товщину гумового шару;
- 5) тертя між валками.

При роботі на вальцях каучук і всі необхідні інгредієнти суміші завантажують у відповідності з встановленим режимом. У процесі приготування суміші необхідно змінювати проміжок між валками і неодноразово підрізати суміш.

Зазвичай вихідні компоненти вводять на вальці в наступному порядку: спочатку каучуки та регенерат, потім - диспергатори (жирні кислоти), активатори вулканізації (оксиди металів), протистарювачі, тверді пом'якшувачі, технічний вуглець, рідкі пом'якшувачі, прискорювачі вулканізації, вулканізуючі речовини.

Після введення прискорювачів і вулканізуючої групи рекомендується 3 або 4 рази пропустити суміші через тонкий (0,2 - 0,3 мм) проміжок між валками. Загальна тривалість змішування при цьому становить 20-25 хв. Готову суміш знімають у вигляді листа товщиною приблизно 2 мм, поміщають на робочий стіл і голчастою термопарою вимірюють температуру. На листі гумової суміші записують номер групи, дату виготовлення, шифр суміші.

Розрахунок гумової суміші на одну заправку

Для того щоб визначити наважки інгредієнтів на одну заправку необхідно знати:

Загальну масу заправки $G = V\rho$ (де V - обсяг одноразової заправки, м^3 ; ρ - густина гумової суміші, $\text{кг}/\text{м}^3$). У свою чергу обсяг одноразового завантаження залежить від виду обладнання, що використовується та корисного використання об'єму. Для гумозмішувача корисний об'єм становить, як правило, 0,53-0,65 його повного об'єму. Обсяг одноразового завантаження на вальцях наближено можна визначити за формулою

$$V = 0,065 DL$$

де D - діаметр робочої поверхні валка, м; L - довжина робочої поверхні валка, м; 0,065 - емпіричний коефіцієнт.

Густину гумової суміші розраховують таким чином: сумарну масу всіх інгредієнтів, що входять до складу гумової суміші, ділять на їх сумарний об'єм.

Наважку кожного інгредієнта Р (в кг) на одну заправку обчислюють за формулою і записують до табл. 1.1.

$$P = gG / \Sigma g,$$

де g - вміст одного інгредієнта, мас, ч на 100 мас. ч.

Таблиця 1.1 - Приклад розрахунку наважок інгредієнтів на одну заправку

Назва матеріалів	Мас. ч. на 100 мас. ч. каучука	Масова доля, %	Густина, кг/м ⁻³	Об'ємна доля, м ³ .10 ⁻³	Об'ємна доля, %	Маса заправки розрахункова, Р, кг.
СКС-30 АРМ	100,00	53,90	960	104,17	65,78	1,2600
Регенерат РШ	10,00	5,39	1200	8,33	5,25	0,1260
Сірка	2,5	1,35	2050	1,22	0,77	0,0318
Альтакс	1,50	0,81	1470	1,02	0,64	0,0189
Оксид цинка	5,0	2,69	5420	0,92	0,58	0,0626
Неозон Д	1,00	0,54	1190	0,84	0,53	0,0126
Стеаринова кислота	1,50	0,81	960	1,56	0,97	0,0189
Технічний вуглець К-354	35,00	18,87	1800	19,45	12,25	0,4440
Технічний вуглець П-501	20,00	10,79	1820	11,00	6,93	0,2520
Парафін	3,00	1,62	900	3,34	2,10	0,0380
Мазут	6,00	3,23	900	6,67	4,20	0,0752
Всього	185,50	100,00	—	158,52	100,00	2,3400

Теоретична густина гумової суміші дорівнює $1170 \text{ кг/см}^3 \left(\frac{\sum g}{\sum V} \right)$

При заміні одного компонента іншим дуже важливо знати його вміст у суміші в% (об.), тому що дія цього компонента в гумі залежить не тільки від масового, але і від об'ємного вмісту його в суміші.

Відповідно з робочим рецептом матеріали зважують для виготовлення однієї заправки суміші.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Перед початком роботи студент одержує від викладача завдання, в якому вказаний рецепт гумової суміші, конкретне змішувальне обладнання (вальці, гумозмішувач), загальний час її виготовлення. Студенту слід розрахувати наважки інгредієнтів для виготовлення суміші зазначеного складу (табл. 1.2), завантаження обладнання (табл. 1. 3), вказати режим виготовлення суміші (табл. 1.4, 1.5), режим вулканізації для проведення фізико-механічних випробувань.

Таблиця 1.2 - Розрахунок наважок інгредієнтів на одну заправку

Назва матеріалів	Мас.ч. на 100 мас.ч. каучука	Масова доля, %	Густина, кг/м-3	Об'ємна доля, м ³ *10 ⁻³	Об'ємна доля, %	Маса заправки розрахункова, Р, кг.
Всього						

Теоретична густина гумової суміші дорівнює $\rho =$ кг/см³

Таблиця 1.3 - Завантаження основного виробничого устаткування

Назва устаткування	Маса заправки розрахункова, кг	Об'єм заправки, л	Знімання суміші, л / хв

Таблиця 1.4 - Режим виготовлення гумової суміші

Послідовність введення матеріалів і найменування операцій	Найменування обладнання	
	Час початку операції з моменту завантаження, хв	Тривалість операції, хв
Зріз суміші		
Всього		

Таблиця 1.5 - Основні дані режиму виготовлення гумової суміші на вальцях

Основні дані режиму виготовлення гумової суміші	Значення
Виготовлення гумової суміші вказати тип вальцев	
Температура вальців на початку змішування, ° С переднього заднього	
Товщина листа, що знімається, мм	
Спосіб охолодження	
Час вилежки суміші до подальших операцій, ч	
Спосіб зберігання	
Термін зберігання з моменту виготовлення, діб	

Таблиці 1.6 - Режим вулканізації зразків для фізико-механічних випробувань

Найменування і тип зразка / розміри, мм /	Час, хв	Температура, °С

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

– підбору рецептури гумової суміші;

– визначення технологічних параметрів приготування гумової суміші.

Контрольні завдання

1. За рекомендованою літературі дати опис промислових методів виготовлення гумової суміші.
2. Надати загальну характеристику сировини, що використовується і призначення кожного інгредієнта, що входить до складу суміші.
3. Дати опис технологічного процесу виготовлення гумової суміші і обладнання, що застосовується.
4. Заповнити таблиці.

Контрольні запитання

1. Які інгредієнти входять в гумову суміш?
2. У чому полягає сутність процесу змішування?
3. Яким видам обробки піддаються порошкоподібні інгредієнти?
4. Які технологічні схеми виготовлення гумових сумішей Ви знаєте?
5. У яких випадках вважається за доцільне проводити змішання на вальцях?
6. Які правила техніки безпеки при змішуванні на вальцях?
7. З яких основних операцій складається процес змішування на вальцях?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

«ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ГУМОВОЇ СУМІШІ І ЗДАТНОСТІ ДО ПЕРЕДЧАСНОЇ ВУЛКАНІЗАЦІЇ»

Мета та завдання роботи

Мета – визначення в'язкості за Муні одної із важливих технологічних властивостей каучуків, часу і швидкості під вулканізації.

Основне завдання – ознайомлення студентів з технологічним показником каучуків.

Обладнання і матеріали: зсуваючий дисковий пластометр (пластометр Муні), вирубний ніж, товщино мір, секундомір, термошкаф.

Теоретичні відомості

Важливою характеристикою технологічних властивостей каучуку є значення в'язкості за Муні, яке особливо чутливе до молекулярно-масового розподілу. В'язкість за Муні визначається на спеціальному приладі – дисковому віскозиметрі Муні (іноді його ще називають пластометром) або зсувним віскозиметром ВР-2 подібної конструкції. Спрощена схема віскозиметра зображена на рис. 2.1.

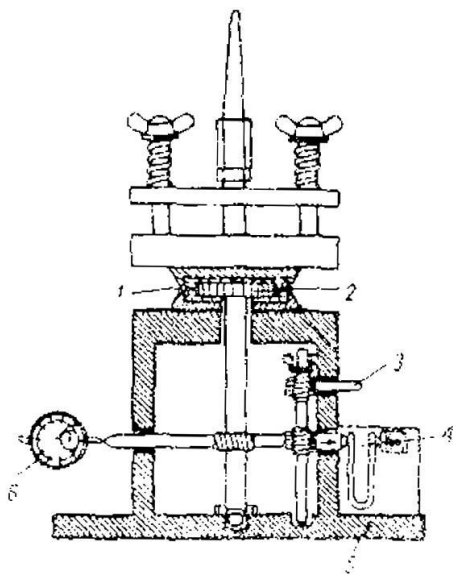


Рис. 2.1. Схема віскозиметра Муні:

- 1 – камера; 2 – ротор; 3 – вал;
- 4 – калібрована пружина;
- 5 – станина; 6 – індикатор.

Полімер, який досліджують, поміщають у камеру 1 з ротором 2, що обертається електродвигуном. Вал ротора з'єднаний передачею з стрілковим індикатором 6 каліброваною пружиною 4.

Для визначення пластичності по Муні необхідно приготувати зразки для випробування. Зразок складається з двох дископодібних шматків досліджуваного матеріалу. Кожен диск діаметром 45 - 50 мм і товщиною 6 - 8 мм виготовляється за допомогою вирубного ножа з листа випробовуваної суміші, витриманою після виготовлення протягом 30 хвилин і має відповідну товщину. Якщо лист не має достатньої товщини, то необхідно вирубати стільки дисків, щоб, склавши їх разом, отримати товщину всіх шарів 6 - 8 мм. У дисках випробовуваного матеріалу вирубують в середині отвір. В одному диску отвір розміром 12 мм, в іншому - 5 мм. Підготовлені зразки поміщаються в термошафу, де нагріваються до заданої температури.

Визначення пластичності гумової суміші проводиться при температурі $(100 \pm 1) ^\circ \text{C}$. Зразок поміщається в випробувальну камеру приладу. Після прогріву матеріалу протягом однієї хвилини включається двигун. З включенням двигуна вимірюється час випробування. Нерухома головка ротора відчуває опір з боку камери, що обертається, в якій знаходиться проба. Цей опір (крутний момент) викликає скручування торсіонного стрижня. Крутний момент підраховується за шкалою приладу в градусах Муні. Випробовування рекомендується продовжувати до тих пір, поки не встановиться практично постійний крутний момент, зокрема постійне значення в градусах Муні. Зазвичай вимір проводять після закінчення чотирьох хвилин від початку обертання ротора. Значення в градусах Муні і є характеристика пластичних властивостей дослідного матеріалу. Експериментальні дані заносять в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Параметри пластичності і підвулканізації

Найменування матеріалу	Температура дослідження, °C	Час попереднього підігріву, хв.	Пластичність по Муні, од.	Визначення швидкості підвулканізації		
				t_5 , хв	t_{35} , хв	Δt , хв

Визначення початку і швидкості підвулканізації гумових сумішей

Здатність гумових сумішей до передчасної вулканізації при різних температурах оцінюють початком і швидкістю підвулканізації. Для визначення початку і швидкості підвулканізації вимірюють параметри t_5 і t_{35} . M_{\min} відповідно на 5 і 35 одиницях Муні (M_5 і M_{35} - рис. 2.2). При цьому тривалість попереднього прогріву зразка враховують як час випробування. Дослідження проводять до тих пір, поки пластичність не перевищить мінімальне значення M_{\min} на 40 одиниць Муні.

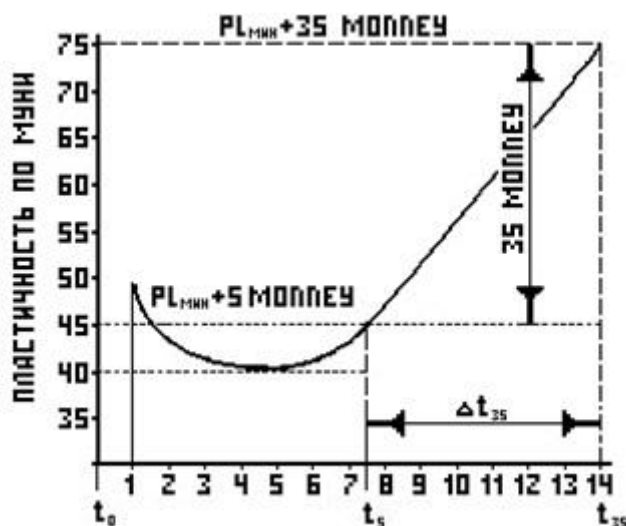


Рис. 2.2. Крива визначення пластичності гумових сумішей при нагріванні

Початок підвулканізації t_5 визначається графічно, а швидкість підвулканізації V_3 розраховується за формулою

$$V_{30} = \frac{\Delta M}{\Delta t}$$

де $\Delta M = M_{35} - M_5$, а $\Delta t = t_{35} - t_5$ знаходять за графіком.

За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення випробувань не менше двох зразків. Допустимі розбіжності результатів випробування кожного зразка від середнього арифметичного не повинні перевищувати $\pm 2,5\%$ - за показником пластичності M_t до 20 одиниць; ± 2 одиниці - за показником пластичності понад 20 одиниць; $\pm 10\%$ - за часом початку підвулканізації t_5 ; $\pm 10\%$ - за швидкістю підвулканізації t_Δ ;

Експериментальні дані заносять в табл. 2.1.

Обробка експериментальних даних

Визначення в'язкості полягає у вимірюванні зсуву зразка каучуку між поверхнями ротора, який обертається, і стінками камери. Так визначається зусилля скручування, необхідне для обертання ротора в зразку з постійною швидкістю. Випробування проводять при постійній температурі (100°C). Результати виражаються умовними безрозмірними значеннями у вигляді цілих чисел у межах 10...100.

Каучуки з гарними технологічними властивостями мають в'язкість за Муні в межах 40...60.

Перепад в'язкості обчислюють за формулою

$$\Delta M = \frac{M_{\max} - M_t}{M_t}$$

Початок підвулканізації гумової суміші характеризують часом t_5 (див. рис. 2.2.) у хвилинах. Швидкість підвулканізації Δt виражають у хвилинах і обчислюють за формулою $\Delta t = t_{35} - t_5$.

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

- визначення в'язкості (пластичності) гумової суміші;
- визначення часу і швидкості підвулканізації.

Контрольні завдання

1. Провести аналіз одержаних результатів і зробити основні висновки.
2. Розглянути схему і з'ясувати принцип роботи віскозиметра Муні.
3. Вивчити режим роботи віскозиметра Муні при визначенні в'язкості.
4. Побудувати криву зміни пластичності при нагріві, розрахувати основні показники та заповнити таблицю.

Контрольні запитання

1. Який фізико-механічний параметр визначається віскозиметром Муні?
2. Які в'язкості за Муні мають каучуки з гарними технологічними властивостями?
3. Способи визначення пластичних властивостей гумових сумішей.
4. Фізичний сенс процесу вулканізації.
5. Дати визначення швидкості подвулканізації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

«Визначення еластичності по відскоку»

Мета та завдання роботи

Мета – визначення еластичності, тобто здатності каучука до зворотної деформації.

Основне завдання – визначення еластичності еластомерів методом маятничого відскакування.

Обладнання і матеріали: маятничий еластомір

Теоретичні відомості

Для визначення показника еластичності проводять спеціальні випробування, які називаються випробуваннями на еластичність (еластичність за відскакуванням). Вони полягають у вимірюванні значення максимального відскакування маятника спеціального приладу (еластоміра) при ударі в досліджуваний зразок гуми (рис. 3.1).

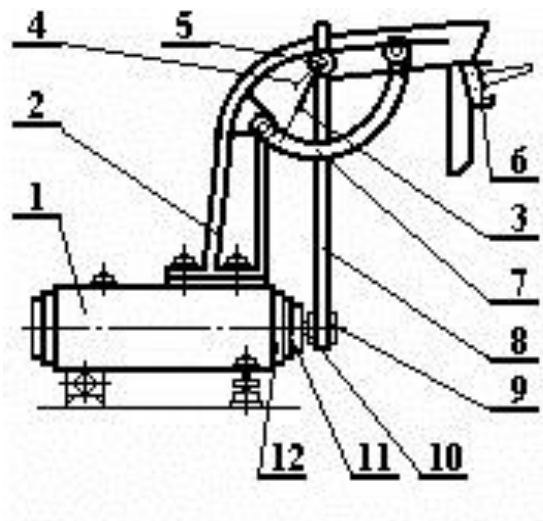


Рис. 3. 1. Маятничий еластомір

1-станина, 2 - кронштейн; 3 - стрілка; 4 - пружинний захват; 5 - пружинний механізм з рукояткою; 6 - засувка; 7 - шкала; 8 - маятник; 9 - вантаж; 10 - буюк; 11 - плоска пружина; 12 - майданчик

Випробування проводять при температурі $(23 \pm 2) ^\circ \text{C}$. Допускається проводити випробування при інших температурах. У цьому випадку температуру випробування і похибка її виміру вибирають по ГОСТ 269-66.

Зразки для випробувань повинні мати форму шайби діаметром не менше 29 мм або квадрата з довжиною сторони не менше 29 мм. Товщина зразків повинна складати $(6,00 \pm 0,25)$ мм, що дозволяє виключити вплив твердості підкладки. Зразки повинні мати рівну гладку поверхню і твердість у межах 30-85 од. Поверхні зразків повинні бути паралельними. Різниця між товщинами, виміряними на одному зразку не менш ніж у трьох точках, не повинна перевищувати 0,2 мм. Результати випробувань, отримані на зразках різної товщини не порівнюються.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Вимірюють товщину зразка товщиноміром не менше ніж у трьох місцях з похибкою не більше $\pm 0,01$ мм. Випробуваний зразок закріплюють пружинами так, щоб він повністю торкався до майданчику і щоб точки удару були на відстані не менше 10 мм від країв зразка. Не допускається переміщення зразка по майданчику під час випробування.

Звільняють маятник і роблять удар по зразку. Внаслідок еластичності гуми при ударі об зразок маятник відскакує на деяку висоту. Не даючи маятнику здійснювати затухаючі коливання і при цьому повторно ударяти по зразку його ловлять рукою. Маятник після кожного удару піднімають у вихідне положення і фіксують засувкою. За зразком, без зміни його положення, проводять чотири удари, піднімаючи після першого, другого і третього ударів маятник у вихідне положення. При цьому відбувається стабілізація зразків внаслідок ефекту розм'якшення гуми, що забезпечує отримання більш близьких результатів. За показник еластичності в даній точці приймають показання шкали приладу після четвертого удару маятника за зразком.

З кожної проби випробовують по два зразки в трьох різних точках.

Енергія, витрачена на деформування зразка при ударі буйком при падінні з висоти h ,

$$W = mgh$$

Енергія, відкидаються маятник на висоту h_1 ,

$$W_1 = mgh_1. (5.2)$$

Ця, так звана, повернута енергія пропорційна еластичності гуми.

З відношення енергій обчислюється еластичність по відскоку E (%)

$$E = \frac{W_1}{W} \cdot 100 = \frac{h_1}{h} \cdot 100$$

Обробка результатів

Для кожного з двох зразків вибирають середнє значення з трьох вимірів. За результат випробування приймають середнє арифметичне двох обраних значень. Результати вимірів заносять до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати досліджень еластичності гумових сумішей

Показники	Зразки	
	1	2
Шифр гумової суміші		
Температура випробування		
Товщина зразка, мм		
Покази шкали, %		
1-а точка		
2-а точка		
3-я точка		
Середнє значення, %		
Середнє значення, %		

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:
– визначення еластичності гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Проаналізувати одержані результати і зробити основні висновки.
2. Розказати про будову маятникового еластомеру.
3. Розказати про хід визначення еластичності.
4. Заповнити таблицю результатів дослідження.

Контрольні запитання

1. Яка форма зразків для дослідження?
2. Який запас енергії маятника?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

«ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГУМ ПРИ РОЗТЯГУВАННІ ТА ОПІР РОЗДИРУ»

Мета та завдання роботи

Мета – визначити міцнісні характеристики зразків гум і дослідити вплив на них кількості зшивального агента (сірки).

Основне завдання – визначення міцності при розтягу і опору роздиранню.

Обладнання і матеріали: розривна машина, штангенциркуль або мікрометр, лінійка міліметрова, гумові пластини з різним вмістом зшиваючого агента.

Теоретичні відомості

Як правило, всі гуми піддаються випробуванню на розтягування, що призводить до розриву зразка. Це випробування дозволяє досить повно оцінювати властивості гуми і служить основним видом контролю якості гуми, правильності змішування, дотримання режиму вулканізації.

Випробування гум на розтягнення і розрив здійснюється на розривної машині з маятниковим силовимірювачем. Нині машини такого типу - найпоширеніші і є універсальним видом обладнання для подібних випробувань.

Для вирубання зразків з гумових пластин застосовуються вирубні ножі. Вирубання зразків проводять на пресі з важільним приводом.

Зразки вирубують з пластин товщиною $(2 \pm 0,3)$ або $(1 \pm 0,2)$ мм. Зразки являють собою двосторонні лопатки (рис. 4.1).

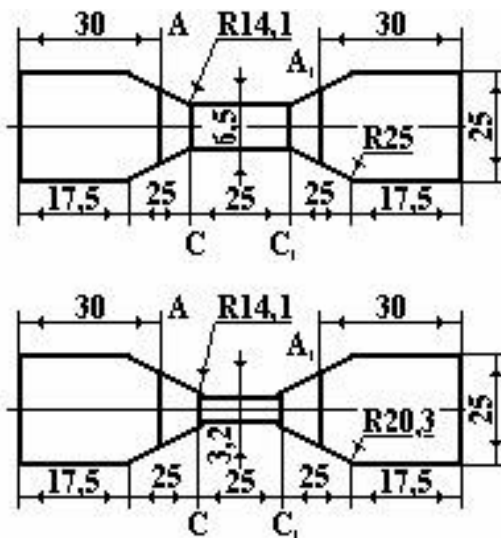


Рис. 4.1. Форма зразка

Така форма забезпечує надійне закріплення зразка в затискачах розривної машини і його руйнування на робочій ділянці С - С1 в зоні однорідної деформації.

Перед випробуванням необхідно оглянути зразки та промаркувати їх. Мітки робочої ділянки С - С1 і зовнішні мітки А - А1 наносять контрастною спеціальною фарбою, що не викликає зміни властивостей гум.

Довжина робочої ділянки стандартної лопатки 25 мм, довжина ділянки А - А1 дорівнює 50 мм. поверхня зразків повинна бути гладкою і не мати пошкоджень.

Товщину зразків заміряють контактним мікрометром не менше ніж в трьох місцях робочої ділянки. Розрахунковою величиною є середнє арифметичне з результатів усіх вимірів. При проведенні випробувань, пов'язаних з руйнуванням зразка, за розрахункове значення приймають мінімальний результат. Точність вимірювання товщини зразків встановлюється відповідними стандартами на методи випробувань. Товщина робочого ділянки зразка може коливатися в межах 0,1 мм. Паралельно випробовувані зразки можуть відрізнятися по товщині не більше ніж на 25% від мінімального значення. Ширина робочої ділянки зразка-лопатки відповідає ширині вирубного ножа і може бути рівною $(6,5 \pm 0,3)$ або $(3,2 \pm 0,3)$ мм при однакових інших розмірах.

Перед випробуванням перевіряють справність розривної машини, швидкість руху нижнього затискача, точність установки стрілок на нуль. Зразок закріплюють у затискачах строго по мітках А - А1 так, щоб велика вісь зразка збігалася з напрямом розтягнення. Пускають у хід механізм розтягування, фіксуючи навантаження, відповідні заданому подовженню 100, 200, 300% і т.д. Після розриву зразка записують значення навантаження, що відповідає положенню нерухомої стрілки, і значення подовження за шкалою подовжень. При фіксуванні значень будь-яких показників очі повинні знаходитися на одному рівні з розподілом шкали.

При розриві поза робочою ділянкою результати випробувань не враховуються.

Через одну хвилину після розриву вимірюється з точністю до 0,5 мм довжина робочої ділянки складеного зразка. Число випробовуваних зразків від кожної проби має бути не менше п'яти.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Випробування полягають у розтягуванні зразка гуми до моменту розривання і вимірюванні навантаження та видовження під час розривання, а також залишкового видовження після розривання. Для проведення випробувань використовують розривні машини типу РМІ-5, РМІ-60, РМІ-250 тощо з маятниковими силовимірювачами, а також розривні машини для визначення міцності пластмас (РМ-0,5 тощо).

Обробка експериментальних даних

На підставі експериментальних даних розраховуються такі показники:

1. Межа міцності при розриві f_p , МПа

$$f_p = P_p / S_0,$$

де P_p – навантаження, при якому зразок розривається, МН; S – площа перерізу зразка до випробування, м²;

$$S_0 = db_0,$$

де d – середні значення товщини зразка до випробування, м; b_0 – ширина зразка до випробування, м.

2. Відносне видовження при розриванні ε_p , %

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100$$

де l_p – відстань між позначками в момент розривання зразка, мм; l_0 – відстань між позначками зразка до початку випробувань, мм.

Значення l_p визначають за шкалою видовження.

3. Відносне залишкове подовження Θ , %

$$\Theta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100$$

де l_p – довжина робочої ділянки після «відпочинку» протягом однієї хвилини.

4. Умовне напруження при заданому видовженні f_E , МПа

$$f_E = P_E / S_0,$$

де P_E – навантаження при заданому видовженні, МН.

5. Істинна міцність σ_p , МПа

$$\sigma_p = \frac{f_p \cdot E_p}{100} + 1$$

6. Істинна напруга при заданому видовженні σ_E , МПа

$$\sigma_E = \frac{f_E \cdot E}{100} + 1$$

де E – відносне видовження, що відповідає f_E , %.

Вихідні дані, результати вимірювань і розрахунків записують у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати вимірювань та розрахунків

Показники	Зразок					Середнє значення
	1	2	3	4	5	
Розміри робочої частини: ширина, мм товщина, мм площа перерізу, м ²						
Навантаження H при видовженні: 200%						
300%						
400%						
Умовна міцність, МПа						
200%						
300%						
400%						
Відносне видовження при розриві, %						
Істинна напруга при заданому видовженні МПа						
Істинна міцність, МПа						
Довжина робочої частини після розриву, мм						
Відносне залишкове видовження, %						

Випробування еластомерів на опір роздиранню

Опір роздиранню – показник, що характеризує міцність гум в умовах концентрації напруження, яке можна створювати нанесенням надрізів, зміною форми зразка і за яким можна визначити здатність гум до орієнтаційного зміцнення.

Випробування на опір роздиранню дають змогу оцінити стійкість гуми до руйнування при порушенні її цілісності. Цей показник чутливіший до зміни рецептурно-технологічних чинників, ніж міцність під час розтягу.

Для випробування використовують зразки типів А і Б (рис. 4.2, а, б) з надрізами в центрі з внутрішнього боку.

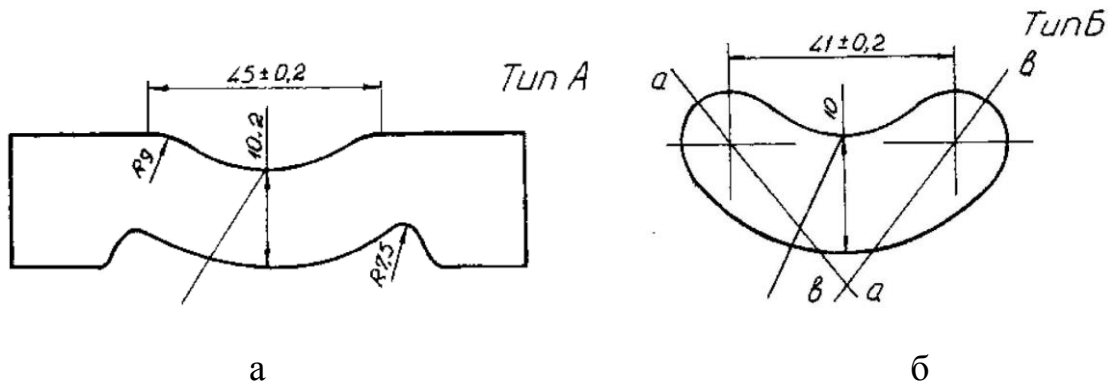


Рис. 4.2. Зразки для випробувань: а– надріз завглибшки 0,5 мм;

б – надріз завглибшки 0,5 мм

Надрізи наносять під прямим кутом до площини зразка. Товщину треба заміряти до нанесення надрізів. Зразок закріплюють у затискачах розривної машини. Зразки типу Б закріплюють так, щоб напрямок осей *а-а* і *б-б* збігався з напрямком розтягу. Швидкість руху нижнього затискача має становити 500 ± 50 мм/хв. Фіксують навантаження, при якому зразок повністю зруйнувався. З кожної партії випробовують не менше ніж п'ять зразків.

Опір роздиранню B розраховують за формулою, кН/м

$$B=P/h,$$

де P – максимальне зусилля, кН; h – початкова товщина зразка, м.

Відхилення значення B від середнього арифметичного не повинно перевищувати 10 %.

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

- визначення міцності гумової суміші до розриву;
- Визначення відносного подовження при розтягуванні.

Контрольні завдання

1. Проаналізувати одержані результати і зробити основні висновки.
2. Підготувати зразки для випробувань на розривній машині.
3. Охарактеризувати фізико-механічні показники еластомерів.
4. Записати формулу визначення опору роздирання.

Контрольні запитання

1. Як визначається умовна міцність?
2. Як визначається відносне видовження під час розриву?
3. Яка істинна напруга при заданому видовженні?
4. Яка залишкова деформація зразка після розриву (відносне залишкове видовження)?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

«ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ КАУЧУКУ І ГУМОВИХ СУМІШЕЙ НА ПЛАСТОМЕТРІ»

Мета та завдання роботи

Мета – визначення пластичності, що полягає у вимірюванні деформації зразка каучуку стандартних розмірів.

Основне завдання – дослідження під дією навантаження 49 Н на спеціальному приладі – пластометрі – величини відновлення зразка після зняття навантаження.

Обладнання і матеріали: стандартний пластометр, натуральний каучук.

Теоретичні відомості

Для оцінки поведінки каучуків і гумових сумішей в процесі змішання і формувань одним з найважливіших показників є співвідношення пластичної та вискоеластичної складових у загальній деформації, або пластоеластичні властивості. Під пластичністю матеріалу розуміють легкість деформування і здатність зберігати форму після зняття деформуючого навантаження. Повне уявлення про пластоеластичні властивості матеріалів можна отримати, розглядаючи їх зміни від температури і швидкості деформації. Істотна зміна пластичності в залежності від температури вказує на термопластичність і здатність матеріалів до формування.

Дана робота присвячена визначенню пластоеластичних властивостей матеріалів по зміні висоти зразка при стисненні між плоскопаралельними плитами.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Вимірювання проводять на стандартному пластометрі при кімнатній температурі (рис. 5.1), який складається з двох паралельних плит – верхньої рухомої 2 і нижньої нерухомої 1. До нижньої плити прикріплені два вертикальних напрямних стояка 3, які з'єднані зверху планкою 4. На нижній плиті прикріплена засувна пластинка 11 з площадкою 12, на яку кладуть досліджуваний зразок.

Верхня плита разом із вантажем 10 і штоком 9 становлять жорстку систему, яка діє з силою 49 Н і може рухатися вздовж напрямних стояків за допомогою ручки 6. На поперечній планці 4 прикріплений мікрометр 7, штифт якого впирається в торець штока 9. Мікрометр служить для вимірювання висоти підйому верхньої плити. Для встановлення стрілки на «0» він оснащений гайкою 8. Для вимірювання температури у вантажі 10 і плиті 2 просвердлено отвір, у який вставляють термометр 5.

Пластометр встановлюють горизонтально (за рівнем) у термостаті і підтримують температуру від +70 до +1°C.

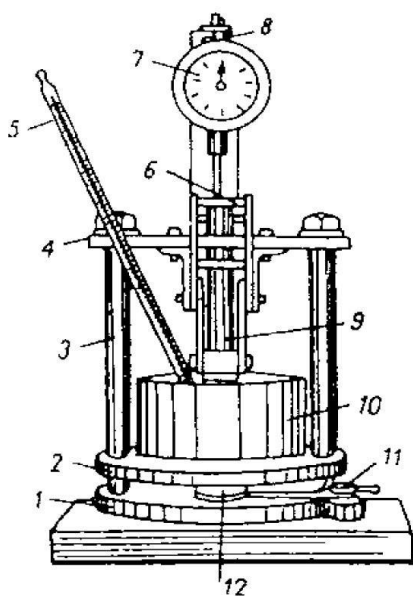


Рис. 5.1. Стандартний пластометр:

1 – нижня плита; 2 – верхня плита;
3 – стояки; 4 – планка; 5 – термометр;
6 – ручка; 7 – мікрометр; 8 – гайка;
9 – шток; 10 – вантаж; 11 – висувна
пластинка; 12 – площадка

Для досліджень готують зразки каучуку, вирізані спеціальним ножом, у формі циліндра діаметром $d = 16 \pm 0,5$ мм і заввишки $h_0 = 10 \pm 0,25$ мм. Висота зразків h_0 вимірюється мікрометром з точністю до 0,05 мм.

Перед дослідом перевіряють нульове положення стрілок мікрометра (встановлюється за допомогою гайки 8). Зразок каучуку опудрюють тальком, нагрівають протягом 3 хв у термостаті при температурі $+70^\circ\text{C}$ і, помістивши його між двома хромованими пластинами (листами целофану, кальки), щоб запобігти прилипанню до плити, встановлюють на площадку 12 пластометра. Площадку кладуть у центр плити під вантаж. Повільно піднімають ручку 6, опускають верхню плиту з вантажем на зразок і вмикають секундомір. Через 3 хв. відмічають показання мікрометра, що дає значення h_1 . Після вимірювання ручку 6 швидко опускають, висувають пластинку 11, виймають зразок і відділяють прокладки. Зразок витримують при кімнатній температурі не менше 3 хв, після чого заміряють його висоту h_1 мікрометром. Розраховують пластичність P за формулою:

$$P = SR,$$

де S - м'якість; R - відношення залишкової деформації до загальної деформації стиснення.

М'якість розраховують за формулою

$$S = \frac{h_0 - h_1}{h_0 + h_1}$$

де h_0 - початкова висота зразка при $23 \pm 2^\circ\text{C}$, мм; h_1 - висота зразка, що знаходився під навантаженням протягом 3 хв, мм.

Відношення залишкової деформації до загальної деформації стиснення R визначають за формулою

$$R = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1}$$

де h_2 - висота зразка після зняття вантажу і «відпочинку» протягом 3 хв при 23 ± 2 °С, мм.

Якщо не потрібно окремо визначати показники S і R , то пластичність P можна обчислити за формулою:

$$P = \frac{h_0 - h_2}{h_0 + h_1}$$

Пластичність виражають в умовних одиницях; значення пластичності коливаються від 0 до 1.

Для каучуку поряд з пластичністю P визначають еластичне відновлення

$$R_l = h_2 - h_1$$

Результати вимірювань і розрахунків заносять до таблиці 5.1.

Липкі або текучі зразки з пластичністю більше 0,5 поміщають між тонкими гладенькими хромованими металевими пластинками діаметром 50 мм. Пластинки нагрівають разом із зразками протягом 3 хв. При розрахунках враховують товщину хромованих пластинок, змінюючи відповідно показання пластометра. При випробуванні зразків з пластичністю менше 0,5 можна користуватися накладками з кальки або целофану. Товщину кальки або целофану враховують, змінюючи показання пластометра. Зразки можна припудрювати тальком.

Проводять три паралельні заміри, які не повинні відрізнятись один від одного більше ніж на 0,1 – 4 мм.

Таблиця 5.1 – Результати досліджень

Показники	Зразки			
	1	2	3	4
Висота зразка, мм: до випробування				
який знаходиться під нагрузкою протягом 3 хв				
після зняття загрузки і відпочинку протягом 3 хв				
М'якість, S				
Середнє значення, S				
Еластичне відновлення, R, мм				
Середнє значення, R, мм				
Пластичність, P				
Середнє значення, P				

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:
– визначення пластичності гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Провести аналіз одержаних результатів і зробити основні висновки.
2. Розказати про будову стандартного пластометра .
3. Записати формулу для визначення пластичності.

Контрольні запитання

1. Як налагодити пластометр?
2. Яка точність вимірювання мікрометром?
3. Яка температура вимірювання?
4. Розкажіть про форму і розміри зразка для визначення пластичності.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

«ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ГУМ ПО ШОРУ»

Мета та завдання роботи

Мета – втискання стандартної голки в зразок гуми, що випробовується, і вимірювання глибини її занурення для оцінки твердості.

Основне завдання – виявлення експлуатаційної здатності гуми.

Обладнання і матеріали: твердомір ТМ -2, твердометр із точністю вимірювання до 0,01 мм , підставка для зразків, гумові зразки завтовшки не менше ніж 6 мм.

Теоретичні відомості

Опір гум локальним зовнішнім діям називається твердістю. Локальне зовнішнє зусилля створюється тиском металевого індентора (голки).

Значення твердості широко використовується на практиці для характеристики гум та гумових виробів. Це пояснюється такими перевагами:

- а) простотою та швидкістю визначення за допомогою порта-тивних приладів;
- б) високою чутливістю показника до змін структури і складу гум;
- в) можливістю використання зразків малих розмірів.

Для визначення твердості використовують декілька методів:

- 1) визначення твердості гум за Шором;
- 2) визначення твердості гум на твердомірі;
- 3) визначення твердості на мікротвердомірі;
- 4) визначення твердості гум на приладі ISO.

Опис твердоміра ТМ-2 показано на рис. 6.1. Механізм пристрою вмонтований у невеликий хромований корпус 3. На нижній поверхні

корпуса міститься металева пластинка 1 і шайба 8. Під час дотикання пристрою до площини зразка або виробу і натискання на головку 4 голка 9, що перебуває під тиском плоскої пружини 5, занурюється на деяку глибину в гуму і зміщується відносно корпуса. При цьому зубчаста рейка 6 повертає шестірню 7 і переміщує стрілку 10 по шкалі 2. Відлік показів пристрою відбувається за шкалою, що має 20 рівних позначок від 0 до 100 з кроком 5 умовних одиниць. Для перевірки пристрою до нього додається спеціальна підставка, на якій закріплена контрольна пружина. На кінці пружини є шайба з гніздом у центрі, у яке має впиратися голка пристрою.

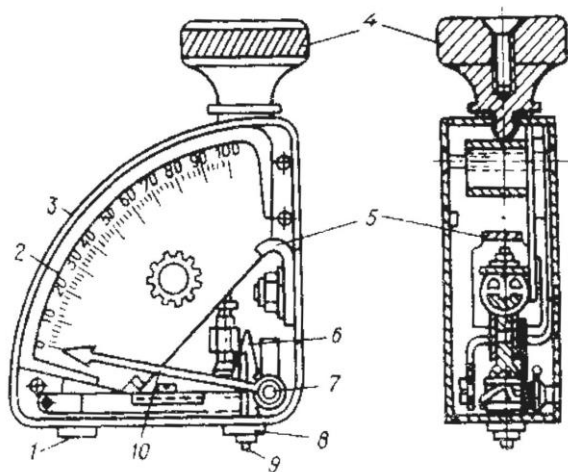


Рис. 6.1. Твердомір ТМ-2:

- 1 — пластина;
- 2— шкала; 3 — корпус;
- 4— головка; 5 — пружина;
- 6— зубчаста рейка;
- 7— шестірня; 8 — шайба;
- 9 — голка (індентор); 10 — стрілка

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Перед початком роботи необхідно перевірити показання твердоміра. До дотикання голки зі зразком, що випробовується, стрілка пристрою повинна перебувати навпроти нульової позначки шкали. Під час установлення твердоміра ТМ -2 на скляній або гладкій металевій поверхні і натискання рукою на головку пристрою, що забезпечує дотикання поверхонь пластинки 1 і шайби 8 з поверхнею, стрілка пристрою має перебувати навпроти позначки 100 на шкалі.

Для випробувань використовують зразки у вигляді циліндрів або паралелепіпедів. Діаметр циліндра (або грань паралелепіпеда) має

дорівнювати 5 см , товщина – не менше 6 мм. Не допускається використання зразків з нерівною або забрудненою поверхнею, а також із сторонніми вкрапленнями. Використання зразків великої товщини необхідне, щоб усунути вплив твердої підкладки на значення показників.

Зразок поміщають на металеву або скляну поверхню і ставлять на нього твердомір так, щоб планка і шайба твердоміра були на зразку , її площини були паралельні до поверхні зразка і відстань від краю зразка становила б не менше ніж 10 мм. Планку і шайбу твердоміра доводять до контакту з поверхнею зразка, натискаючи рукою на головку пристрою. Зусилля під час натискання має бути невеликим, але достатнім, щоб відбувся контакт поверхонь. У момент натискання фіксують показання стрілки пристрою за шкалою. Кожний зразок випробовують не менше ніж у трьох точках і визначають середнє значення з цих показань. Визначення твердості зразків при понижених чи підвищених температурах проводять аналогічно після витримування зразків при заданій температурі протягом не менше ніж 30 хв.

За результати випробувань беруть середнє арифметичне значення твердості в умовних одиницях шкали пристрою. Результати випробувань оформлюють протоколом, в якому вказують:

- позначення гуми або гумового виробу
- товщину зразка
- спосіб виготовлення зразка
- результат кожного вимірювання твердості в одиницях Шора А і її середнє арифметичне значення
- дату випробування

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

- визначення твердості гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Проаналізувати одержані результати і зробити основні висновки.
2. Підготувати твердомір ТМ-2 до випробувань.
3. Провести вимірювання за допомогою твердоміра ТМ-2.
4. Розглянути будову твердоміра ТМ-2.

Контрольні запитання

1. Як визначається твердість еластомера за Шором?
2. Який хід випробувань твердості за Шором?
3. Який відлік показів на твердомірі ТМ-2?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

«ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ТВЕРДОМІРІ ТШР»

Мета та завдання роботи

Мета – визначити твердість зразків гум і дослідити вплив на них кількості вулканізуючого агента (сірки).

Основне завдання – визначення твердості в діапазоні 0,32 – 63,69 МПа.

Теоретичні відомості

Твердомір ТШР (рис. 7.1) встановлюється вертикально за допомогою рівня 18 і гвинтів 15 на індикаторі, і велика стрілка встановлюється на 0, а маленька – на цифру 2. На основі 11 закріплені два штоки 4, які з'єднані зверху з нерухомим диском 3. Площадка 7 кронштейном індикатора 1

може переміщатися вгору і вниз обертанням зірочок 8, які з'єднані ланцюжком 9. На площадку 5 спирається запlechиками втулка 10, яка жорстко зв'язана з вантажем 16. Маса втулки з вантажем – 1 кг. Площадка 5 переміщується вгору і вниз обертанням зірочок 6, які зв'язані ланцюжком 17. У середині втулки 10 вільно звисає тонкий стрижень 2, жорстко зв'язаний зі штоком індикатора, за циферблатом якого відраховується з точністю до 0,01 мм значення заглиблення кульки в зразок 13. У нижній кінець стрижня 2 загвинчений наконечник 12 з запресованою сталеву кулькою 14. Контактне навантаження на зразок, що створюється зусиллям індикатора, стрижнем і наконечником становить $0,5 \pm 0,05$ Н. Допускається випробовування гуми з числом твердості від 0,32 до 63,69 МПа при глибині занурення кульки 0,01-2 мм.

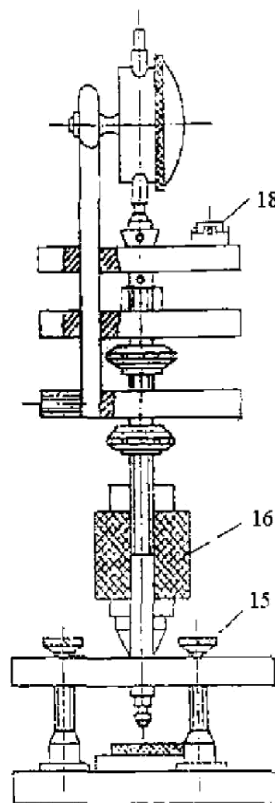
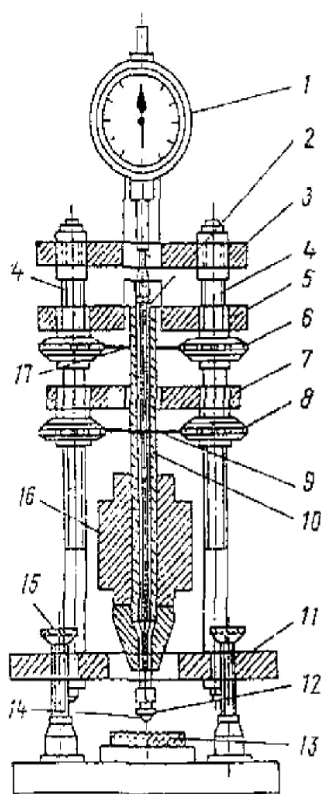


Рис. 7.1. Твердомір ТШР: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; 1 – індикатор; 2 – стрижень; 3 – лиск; 4 – шток; 5, 7 – площадки; 6, 8 – зірочки; 9, 17 – ланцюжки; 10 – втулка; 11 – основа; 12 – наконечник; 13 – зразок; 14 – кулька; 15 – гвинт; 16 – вантаж; 18 – рівень

Для випробування використовують зразки у вигляді плоских паралельних пластин з розмірами, які дозволяють проводити вимірювання в трьох точках, що розміщені на відстані не менше ніж 10 мм одна від

одної і від країв зразка. Товщина зразків повинна бути не меншою ніж 6 мм. Використання зразків з видимими поверхневими дефектами не допускається.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

Випробування полягає у вимірюванні глибини занурення в зразок сталюї кульки діаметром 5 мм під навантаженням 10 Н (1 кгс) протягом 30 с.

Замірюють товщину зразка і поміщають його під кульку. Останню опускають до поверхні зразка обертанням зірочок 8 за годинниковою стрілкою доти, доки велика стрілка індикатора не зробить два повні оберти і обидві стрілки не зупиняться на 0. Вантаж 16 опускають на наконечник 12 обертанням зірочок 6 за годинниковою стрілкою до появи проміжку 4-5 мм між твердометром втулки 10 і площадкою 5. При цьому стрілка індикатора починає рухатись. Через 30 с від початку руху стрілки замірюють глибину занурення кульки у зразок індикатором з точністю до 0,01 мм. Обертанням зірочок 6 проти годинникової стрілки знімають вантаж з наконечника 12 і, обертаючи зірочки в тому ж напрямі, піднімають кульку 14 на вихідну позицію. Кількість вимірювань на одному зразку – не менше ніж три, кількість зразків – 3-6.

Цей метод також дає можливість визначити число пружності і пластичності. Для цього потрібно виміряти глибину залишкової деформації h і через 30 ± 5 с після зняття навантаження.

Обробка експериментальних даних

За показник твердості гум беруть глибину занурення кульки в міліметрах. Число твердості H обчислюють за формулою, МПа

$$H = \frac{0,1 \cdot P}{n \cdot d \cdot h}$$

де P – навантаження (10 Н); d – діаметр кульки (0,5 см); h – глибина занурення кульки, см.

Число пружності S (у відсотках) визначають за формулою

$$S = \frac{h - h_1}{100}$$

де h_1 – залишкова деформація, см.

Число пластичності P (у відсотках) визначають за формулою

$$P = \frac{h_1 - h}{100}$$

Результатом випробувань вважають середнє арифметичне твердості досліджуваних зразків. Так само обробляють результати з пружності та пластичності.

Результати вимірювань записують у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Результати вимірювань

Номер зразка	Глибина занурення кульки, h , см	Глибина залишкової деформації h_1 , см	Число твердості H , МПа	Число пружності, S , %	Число пластичності P , %
1					
2					
3					
4					
5					
Середнє значення					

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

– визначення твердості гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Провести аналіз одержаних результатів і зробити основні висновки.
2. Розказати про будову твердометра ТШР.
3. Підготувати зразки до випробувань.
4. Провести випробування твердості еластомерів.

Контрольні запитання

1. Яке навантаження на зразок під час вимірювання твердоміром ТШР?
2. Яка точність значень заглиблення кульки в зразок?
3. Яке контактне навантаження на зразок?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8

«ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ПРИКЛАДІ ISO»

Мета та завдання роботи

Мета – визначення твердості твердоміром ISO.

Основне завдання – визначення твердості з урахуванням релаксаційних процесів і тертя.

Теоретичні відомості

Для уніфікації умов визначення твердості розроблений метод, рекомендований міжнародною організацією стандартизації (ISO). Під час визначення твердості за цим методом враховуються релаксаційні процеси і тертя. Деформація гуми в іоні контакту створюється сферичним індентором, що дозволяє уникнути різкого переходу до перенапруженої зони.

Порядок і рекомендації до виконання роботи

За допомогою твердоміра ISO (рис. 8.1) замірюють глибину вдавлювання твердої кульки в зразок гуми за певних умов. Значення заглиблення вимірюється індикатором годинникового типу 1, що з'єднаний з індентором 2, у нижній кінець якого вкручений наконечник з кулькою. Зразок 10 встановлюють на горизонтальну площадку 11 і прикріплюють притискною лапкою 9 з отвором для індентора діаметром 6 ± 1 мм, яка перебуває під тиском циліндричної пружини 8. Тиск на зразок становить 0,02...0,03 МПа. Усередині гайки 4 з ручкою 3 вільно підвішений вантаж 6. Під час повертання ручки вантаж опускається на заплечики 7. Для усунення впливу тертя служить вібратор. Значення заглиблення вимірюється в міжнародних одиницях TRHD або сотих частках міліметра: нуль у міжнародних одиницях відповідає твердості матеріалу з модулем Юнга, який дорівнює нулю; 100 відповідає твердості матеріалу з модулем Юнга, що прямує до нескінченності.

Твердомір має пристрій для прикладання до індентора попереднього і загального навантажень. Загальне навантаження складається з суми попереднього й основного. Попереднє навантаження визначається масою індентора, зв'язаних з ним деталей і зусилля, що створюється індентором. Основне навантаження характеризується масою 550 г.

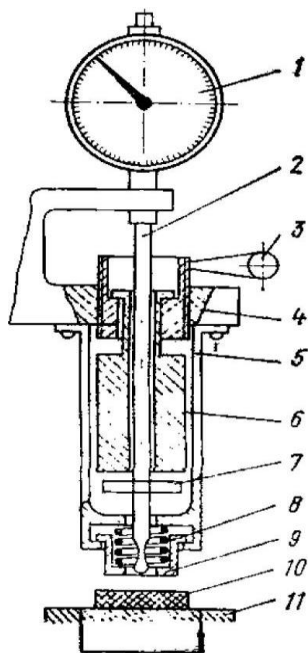


Рис. 8.1. Твердомір ISO:

- 1 – індикатор; 2 – індентор;
 3 – ручка; 4 – гайка; 5 – кожух;
 6 – вантаж; 7 – заплечики;
 8 – пружина; 9 – притискна лапка;
 10 – зразок; – горизонтальна площадка

Для випробування використовують зразки завтовшки $8 - 10 \pm 0,1$ мм (мінімальна допустима товщина – 4 мм).

Зразок поміщають на плоский предметний стіл приладу, притискають лапкою, опускають індентор до стикання з ним і витримують під попереднім навантаженням 5-8 с, дотримуючись при цьому певної відстані від краю до точки вимірювання, що залежить від товщини зразка.

Товщина зразка, мм	4	6	8	9	10	15	25
Відстань від краю, мм	7	8	9	9	10	11,5	13

Шкалу встановлюють на 100 (якщо градування в IRHD) плавно прикладають основне навантаження. Через (30 ± 2) с після дії загального навантаження замірюють твердість за шкалою. Якщо градування шкали в метричних одиницях, то треба попередньо встановити прилад у положення “0”.

Результатом випробувань вважають середнє арифметичне значення для трьох точок, заокруглене до цілого числа.

Висновки

Висновки формуються як результат виконання робіт з:

– визначення твердості гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Провести аналіз одержаних результатів і зробити основні висновки.
2. Розказати про будову твердометра ISO.
3. Провести випробування твердометром ISO.

Контрольні запитання

1. Які розміри зразків?
2. Які одиниці вираховування твердості?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9

«ВИЗНАЧЕННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ ГУМ ЗА ЕЛАСТИЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯ «ТИСКУ»

Мета та завдання роботи

Мета – вивчити методи визначення морозостійкості каучуку або гуми.

Основне завдання – визначити морозостійкість каучуку.

Обладнання та матеріали: прилад для визначення морозостійкості, штангенциркуль, термометр ртутний, товщиномір (точність вимірювання 0,01 мм), годинник, спирт етиловий, двоокис вуглецю (тверда).

Теоретичні відомості

Випробуванню можуть піддаватися гуми на основі каучуків, що не кристалізуються, втрата еластичності в яких відбувається внаслідок застібкування, і гуми на основі каучуків, які кристалізуються, в яких втрата еластичності відбувається насамперед внаслідок кристалізації.

Випробування полягає у визначенні зміни первісної висоти зразка, замороженого при заданій температурі, при стисненні і після відновлення. Для випробування застосовують вулканізовані зразки циліндричної форми, діаметром і висотою $10 \pm 0,2$ мм.

Випробування проводять на приладі для визначення морозостійкості (рис. 9.1). Прилад складається з текстолітової кришки 5 з запlechниками, за допомогою яких прилад встановлюють на посудині Дьюара і на кришці 5 кріпляться стрижень 3, прив'язаний у верхній частині за допомогою втулки з індикатором 7, а в нижній частині з майданчиком 2, що надає тиск на зразок 8. Трубка 4 приводиться в рух маховиком 6. Майданчик 1 служить для встановлення зразка в приладі.

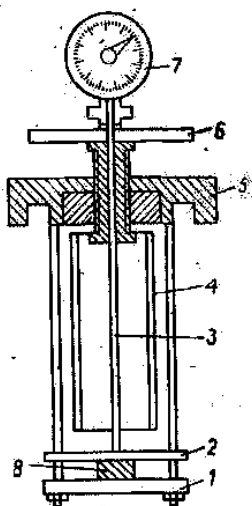


Рис. 9.1. Прилад НІРП для визначення відновлюваності зразка після стиску при охолодженні:

1, 2 - майданчики; 3 - стрижень; 4 - трубка;
5 - кришка; 6 - маховик; 7 - індикатор;
8 - зразок.

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

Зразки для випробувань перевіряють за зовнішнім виглядом на відсутність пор, пазирів, сторонніх включень, виразок, виступів і

поглиблень. Висоту зразків визначають товщиноміром з точністю до 0,01 мм. Діаметр зразка визначають штангенциркулем з точністю до 0,1 мм. Від кожної партії гуми відбирають не менше 3 придатних зразків, розміри яких вкладаються в наведені вище допуски. У посудині Дьюара готують охолоджуючу суміш заданої температури, контролюючи її термометром. Рівень спирту повинен бути не менше ніж на 25 мм вище зразка. Відхилення від заданої температури допускаються в межах $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Зразки зачищають від задирок і кондиціонують при $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ не менше 3 годин в захищеному від прямих сонячних променів місці. Перевіряють установку нуля вимірювача висоти зразків. Нуль повинен бути в положенні, коли опорна плита і стискаюча майданчика стикаються між собою (допускається похибка не більше 0,03 мм калібру, встановленого між площадками).

Якщо температура випробування не задана, то її вибирають залежно від марки гуми з наступного ряду: 0; -10; -25; -40; -50; -55; -60; -70 $^{\circ}\text{C}$.

Кріостат охолоджують до температури випробування. Частину приладу з опорною стискаючою майданчиками занурюють в кріостат і витримують не менше 10 хв., Потім виймають, витирають опорну і стискаючі майданчики, поміщають між ними зразок і вимірюють його первинну висоту h_0 . Випробування проводять при деформації стиску зразка $20 \pm 2\%$, що відповідає висоті стиснутого зразка h_1 , повертаючи маховик за годинниковою стрілкою протягом 30 с, фіксуючи час за годинником, що відповідає висоті стиснутого зразка. Прилад із стислим зразком занурюють в кріостат. І витримують при заданій температурі $5,0 \pm 0,5$ хв. Допускається зниження температури в кріостаті нижче температури випробування настільки, щоб після занурення частини приладу із зразком в кріостат температура в ньому була рівна температурі випробування.

Після закінчення часу зразок звільняють від навантаження, не виймаючи з кріостата, витримують при температурі випробування $3,00 \pm 0,25$ хв. І вимірюють висоту зразка h_2 .

Після закінчення випробування прилад виймають із посудини, видаляють випробуваний зразок і встановлюють наступний. При зміні встановленої температури в посудину додають етиловий спирт для підвищення температури або твердий двоокис вуглецю для зниження.

Обробка результатів

Коефіцієнт, морозостійкості при еластичному відновленню K_v розраховують за формулою:

$$K_v = \frac{h_2 - h_1}{h_0 - h_1}$$

де h_0 - первісна висота зразка, мм; h_1 - висота зразка після стиску, мм; h_2 - висота зразка після відновлення, мм.

За результат випробування приймають середнє арифметичне показників всіх випробуваних зразків, округленого до другого десяткового знаку.

При коефіцієнті морозостійкості 0,50 і більше відхилення кожного із значень від середнього не повинно перевищувати $\pm 10\%$. При коефіцієнті морозостійкості менше 0,50 допускається відхилення кожного із значень від середнього не більше 0,05. Інші значення не враховуються. Число зразків, що залишилися для розрахунку має бути не менше 3.

Застосування методу рекомендується при K_v не менше 0,2.

В залежності від збереження еластичних властивостей після заморожування зразки частково або повністю відновлюють свою первинну висоту. Оптимальною теоретичної морозостійкістю будуть володіти зразки, які повністю зберегли пластичність і при відновленні досягли висоти $h_2 = h_0$. У цьому випадку коефіцієнт відновлюваності буде дорівнювати 1.

Зразки, які цілком втратили еластичність, не відновляться і їх висота h_2 дорівнює h_1 . Відповідно K_v буде дорівнює 0.

Результати вимірювань і розрахунків заносимо в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 - Результати вимірювань і розрахунків

№ зразка	Температура заморожування, °С	Висота зразка, мм			K _в
		початкова	після зжимання	після відновлення	

Висновки

Висновки формулюються як результат виконання робіт з:

– визначення морозостійкості гумової суміші.

Контрольні завдання

1. Провести аналіз одержаних результатів і зробити основні висновки.
2. Розказати про будову приладу для визначення морозостійкості.
3. Розказати про визначення морозостійкості.

Контрольні запитання

1. Як працює прилад для визначення морозостійкості?
2. Як визначається морозостійкість?
3. Які стандартні зразки для визначення морозостійкості?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Лазарев С.Я.* Лабораторный практикум по синтетическим каучукам: учеб. пособие для вузов/ С.Я. Лазарев, В.О. Рейхсфельд, Л.Н. Еркова. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.
2. *Захаров Н.Д.* Лабораторный практикум по технологии резины: учеб. пособие для вузов / Н.Д. Захаров, О.А.Захаркин, Г.И. Костыркина и др. – М.: Химия, 1988. – 256 с.